화상회의 시스템을 위한 대역폭 관리 알고리즘 설계 및 구현

구명모[†] · 정상운[††] · 김상복[†††]

요 약

다자간 화상회의에서 발생하는 네트워크 혼잡상태에 동적으로 적응하기 위한 연구로는 송신자기반 기법과 수신자기반 기법이 있는데, 전자는 수신자들의 평균 손실률에 따른 전송률로 가용 대역폭이 높은 수신자의 대역폭 낭비가 발생하며, 후자는 수신자들의 가용 대역폭에 따른 레이어(layer)를 동적으로 나누는 방법이 부족하다.

이를 위해 본 논문에서는 수신자의 네트워크 상태에 따라 정상상태와 혼잡상태로 구분하는 두 개의 멀티캐스트 그룹을 형성하고, 수신자가 손실률에 따라 동적으로 그룹을 선택함으로써 대역폭에 적합한 품질의 서비스를 받을 수 있도록 하는 대역폭 관리 알고리즘을 설계한 후 이를 구현하였다. 실험을 통한 결과를 살펴볼 때 수신자는 손실률에 따라 적합한 그룹을 선택함으로써 대역폭 낭비가 발생하는 문제점을 개선할 수 있었다.

Design and Implementation of Bandwidth Management Algorithm for Video Conference System

Myung-Mo Ku[†], Sang-Woon Cheong[††] and Sang-Bok Kim[†††]

ABSTRACT

There are sender_based research and receiver_based research for dynamic adaptation to network congestion which arises from multicast video conference ; the former results in bandwidth waste of receivers who use high available bandwidth on account of average loss rate in transmission rate, the latter is short of the method that divides layers of available bandwidth of receivers dynamically.

In order to do so, in this paper, we established two multicast groups divided into non-congestion status and congestion status according to receiver's network state, and implemented the bandwidth management algorithm which is designed for providing receivers with profitable qualities for available bandwidth by letting them choose each group dynamically in reference to loss rate. As a result, experiments proved that bandwidth waste problem was improved by receiver's dynamic choice according to loss rate.

1. 서 론

최근 인터넷의 급격한 발달로 인하여 초고속망 화상회의 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 고정된 네트워크 대역폭을 이용하는 화상회의 시스템에서의 멀티미디어 데이터는 실시간으로 전송이 되어야 하고, 종단간(end-to-end)사용자에게 보다 우수한 품질의 서비스를 얼마나 빠르게 제공하느냐가 관건이 되고 있다.

화상회의에서는 다른 응용의 이용과 더불어 대역폭이 감소하게 되어 혼잡이 발생할 수 있으며, 패킷 지연시간과 손실률 증가를 초래하게 된다. 이러한 혼잡상태에 동적으로 대응하기 위한 방법으로는 송신자기반 기법[1,2,3,4]과 수신자기반 기법[5]이 있다.

[†] 준회원, 경상대학교 컴퓨터과학과 재학
[††] 정회원, Inter Soft(Web 팀장)
[†††] 정회원, 경상대학교 컴퓨터과학과 교수
경상대학교 부설 전산개발연구소 연구원

송신자기반 기법은 수신자로부터 받은 피드백 정보를 이용하여 혼잡제어 및 흐름제어 정책을 정한다. 혼잡제어 및 흐름제어 정책에서는 송신자는 수신자의 피드백정보에 따라 비디오 데이터의 압축률로 전송률을 결정하여 전송함으로써 혼잡상태에 동적으로 대응한다. 이 방법에서 송신자는 수신자들의 평균 손실률을 계산하여 손실률이 혼잡구간에 도달하면 전송률을 급격히 줄이고, 손실률이 혼잡구간 이하이면 점차적으로 전송률을 높여 전송을 하였다. 이 때 혼잡상태가 아닌 수신자들은 높은 가용 대역폭임에도 불구하고 낮은 품질의 서비스를 제공받게 되어 대역폭 낭비현상이 발생한다[3].

수신자기반 기법은 송신자기반의 기법에서 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 모든 수신자로부터 피드백정보를 받는 방법에서 탈피하고 수신자 중심의 정책을 이용하는데, 이 방법에서는 송신자가 비디오 스트림을 각 레이어(layer)별로 코딩하여 각각의 멀티캐스트 세션으로 전송하고, 수신자는 혼잡상태에 따라 자신의 네트워크 대역폭에 맞는 멀티캐스트 세션을 선택하여 비디오 스트림을 수신하면서 혼잡상태에 대응한다. 그러나 수신자들의 상이한 가용 대역폭에 따른 멀티캐스트 그룹형성과 그룹에 따른 레이어를 적절하게 나누어 수신자의 가용 대역폭 변화에 동적으로 대응하지 못하는 문제점이 발생한다[5].

본 논문에서는 송신자기반에서 발생하는 대역폭 낭비현상을 개선하기 위하여 두 방법을 적절히 이용한 대역폭 관리 알고리즘을 설계 및 구현하였다. 대역폭 관리 알고리즘에서는 수신자기반에서 발생할 수 있는 시스템 부하를 고려하여 두 개의 멀티캐스트 그룹을 형성하였으며, 수신자의 가용 대역폭 변화에 동적으로 대응하기 위하여 송신자 기반을 이용하였다. 두 개의 멀티캐스트 그룹은 정상상태 수신자 그룹과 혼잡상태 수신자 그룹을 각각 관리하게 된다.

정상상태 수신자 그룹은 수신자들의 패킷 손실률이 혼잡구간을 벗어나지 않은 상태를 관리하여 수신자들이 계속적으로 우수한 품질의 서비스를 제공받을 수 있도록 한다. 수신자들의 패킷 손실률에 따라 대역폭상승, 대역폭감소 구간으로 나누고, 구간에 따른 전송률을 결정하여 전송한다. 수신자들의 대역폭이 감소하고 손실률이 증가하여 혼잡상태에 도달하게 되면, 현재 그룹에서의 수신을 중지하고 혼잡상태의 그룹에서 수신한다.

혼잡상태 수신자 그룹은 정상상태 그룹 수신자의 패킷 손실률이 혼잡구간에 도달했을 경우 수신자들이 다소 낮은 품질의 서비스를 제공받으면서 손실률을 줄이고 다시 정상상태의 그룹으로 수신할 수 있도록 관리한다. 송신자는 혼잡상태 그룹의 수신자를 위하여 혼잡구간과 혼잡탈피구간으로 나누고, 혼잡상태에 있는 수신자의 손실률을 혼잡탈피구간으로 줄이기 위하여 손실률에 따라 다소 낮은 대역폭으로 전송률을 결정하여 전송한다. 이 같은 효율적 대역폭 관리를 통하여 송신자는 각 그룹에 있는 수신자의 상태에 따라 전송률을 결정하여 전송하고, 수신자는 자신의 가용 대역폭에 맞는 그룹을 동적으로 선택함으로써 대역폭 낭비를 개선하고자 하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 화상회의에 관련된 연구에 대해서 알아보고, 3장에서는 효율적인 대역폭 관리를 위한 알고리즘에 대하여 살펴본다. 4장에서는 구현된 시스템의 실험에 대해 기술하고, 마지막으로 5장에서 결론을 내린다.

2. 관련연구

2.1 IP 멀티캐스팅

멀티캐스트는 하나의 패킷이 몇 개의 선택된 호스트들에 전달하는 기술로써 브로드캐스트(broadcast)와 유니캐스트(unicast)를 포함하고 있다. 수신자가 전송하는 제어 패킷은 송신자의 유니캐스트 주소를 사용한다[6].

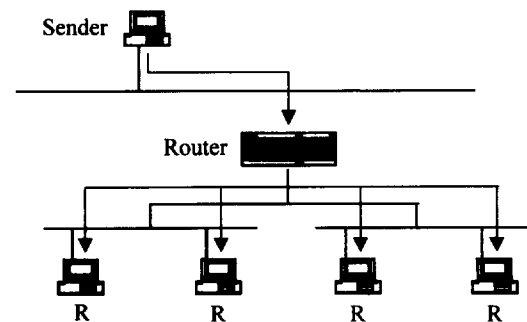



그림 1. 멀티캐스트 전송

IP 멀티캐스트 주소는 IP 주소 클래스의 D클래스에 해당되며, 224.0.0.0부터 239.255.255.255까지 사용할 수 있다[6]. D클래스는 A, B, C클래스의 IP주소로

패킷을 멀티캐스트 한다. 현재 224.0.0.0부터 224.0.0.255까지는 라우팅 프로토콜을 사용하도록 예약되어 있다. IP 멀티캐스트 상에서의 패킷 전송은 송신자가 패킷을 한번 전송할 때, 멀티캐스트 서버는 종단간 수신자에게 한번만 패킷을 복사하여 전송한다. 그림 1은 송신자가 멀티캐스트 그룹에 참가하고 있는 수신자에 패킷을 멀티캐스팅하기 위하여 멀티캐스트 라우터에 전송하고, 멀티캐스트 라우터는 세션에 참가하고 있는 수신자들에게 패킷을 멀티캐스팅하는 것을 보여준다.

2.2 송신자기반의 데이터 전송 기법

송신자기반(sender-based) 기법은 모든 수신자들로부터 받은 피드백 정보로부터 손실률에 따른 혼잡도를 계산하고 전송률을 결정한 후 전송한다[1,2,3,4]. 송신자는 모든 수신자들로부터 받은 피드백 정보로부터 평균 패킷 손실률을 구할 수 있다.

송신자는 그림 2와 같이 패킷 손실률에 따라 세 가지 단계(unloaded, loaded, congested)를 두어 각 단계별로 전송률을 결정하여 네트워크 상태에 대응시켰다[4]. 송신자는 무부하(unloaded) 구간에서는 전송률의 지수적증가, 부하(loaded) 구간에서는 선형적 증가, 혼잡(congested) 구간에서는 전송률을 절반으로 줄여 전송하여 패킷 손실률을 낮추어 혼잡상태에 대응하는 정책을 이용한다. 이 방법은 패킷과 피드백의 범람함으로 인하여 손실과 혼잡을 초래할 수 있기 때문에 이를 보완하기 위하여 피드백 제어에 관한 연구가 진행되어 왔다[7]. 그림 2는 패킷 손실률에 따른 수신자의 보고서 분석을 나타내 주고 있다.

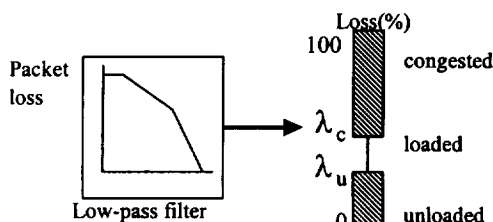



그림 2. 수신자의 보고서 분석

2.3 수신자기반의 데이터 전송 기법

수신자기반(receiver-based)기법은 모든 수신자들로부터 피드백을 받는 것이 아니라 수신자의 네트워크 상태에 따라 대역폭에 맞는 레이어(layer)를 선택하여 수신하는 방법을 이용한다[5]. 이 정책은 수신자로부터 받는 피드백의 손실, 폭주 등으로 인하여 패킷의 손실증가를 사전에 방지하는 개선된 방법으로 볼 수 있다.

송신자는 레이어드 코딩(layered coding)기법을 이용하여 각 레이어에 맞는 품질의 데이터를 전송한다[5]. 송신자는 여러 멀티캐스트 세션에 다른 품질의 데이터를 각각의 멀티캐스트 그룹으로 전송하고, 수신자는 자신의 손실률에 따라 대역폭을 설정하고 네트워크 상태에 맞는 데이터를 수신한다. 그림 3은 송신자(S)가 영상을 3개로 품질을 계층화하여 각 레이어별로 전송하고, 수신자(R1, R2, R3)는 자신의 대역폭에 맞는 레이어를 선택하여 멀티캐스트 라우터로 전달된 데이터를 수신한다.

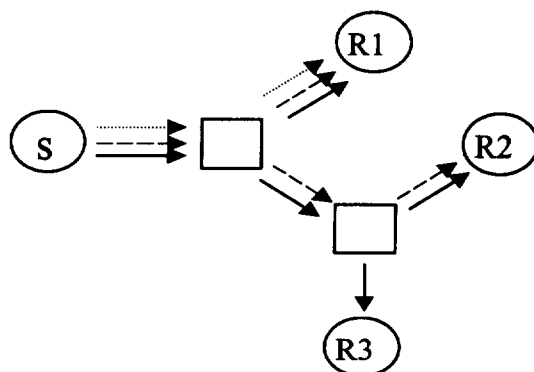



그림 3. 종단간 레이어드(layered) 전송

3. 대역폭 관리 알고리즘

화상회의시스템에서는 멀티캐스트 그룹에 참가하고 있는 모든 송, 수신자의 효율적인 대역폭 관리가 중요하다. 대역폭을 효율적으로 관리함으로써 수신자의 뜻하지 않는 대역폭 낭비의 문제점을 해결할 수 있다. 대역폭 관리 알고리즘에서는 수신자의 상태에 따라 정상적인(non-congestion)상태와 혼잡상태(congestion)를 구분된 두 개의 멀티캐스트 그룹을 형성한 후, 이를 수신자의 대역폭 상태에 따라 적절하게 관리하게 한다. 정상적인 상태인 경우 정상상태 그룹에서 관리를 하고, 대역폭 변화에 따른 혼잡상태인 경우에는 혼잡상태 그룹에서 관리한다. 그림 4는 효율적인 대역폭 관리를 위한 그룹 전송 메커니즘을

나타내었다.

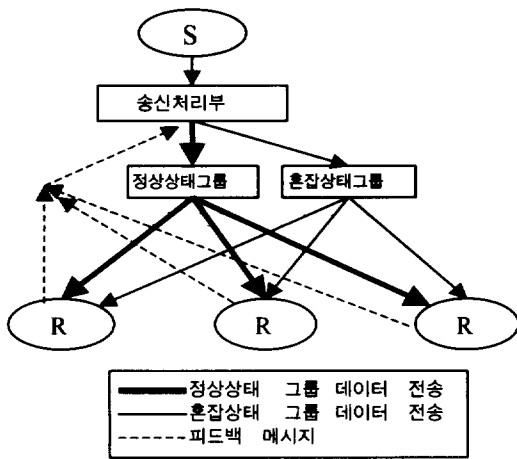



그림 4. 그룹 전송 메커니즘

멀티캐스트 그룹에 참가하는 모든 송, 수신자는 정상상태 그룹과 혼잡상태 그룹을 경유하여 데이터를 송, 수신한다. 최초 그룹에 참가하는 수신자는 정상상태 그룹을 통하여 대역폭에 맞는 품질의 데이터를 수신하면서 패킷 지연시간과 손실률을 송신자에 피드백 한다. 송신자(S)는 수신자의 피드백을 받아 수신자들의 손실률을 분석하고 송신처리부에서 낮은 손실률을 나타내는 수신자를 위하여 전송률에 맞는 최상의 품질로 정상상태 그룹에 전송을 한다. 수신자들은 정상상태 그룹을 통하여 패킷을 수신하면서 패킷 손실률이 혼잡구간(congestion)을 초과하면 손실률을 즉시 피드백하고 혼잡상태 그룹을 선택하게 된다. 송신자는 정상상태 그룹과 혼잡상태 그룹에 있는 수신자의 상태를 실시간으로 조사하여 그룹 테이블을 재조정하고, 각 상태에 따른 전송률로 전송한다.

모든 수신자의 손실률이 경계치 이하이거나 이상이 되면 하나의 그룹을 통하여 송, 수신이 이루어진다. 그러므로 각 그룹에 있는 수신자의 상태에 따라 적절하게 전송률을 결정함으로써 문제점으로 지적되었던 대역폭 낭비를 개선할 수 있다.

3.1 그룹 선택에 의한 대역폭 관리

본 논문에서 수신자는 패킷 손실률에 따라 그룹을 선택하였다. 수신자가 그룹을 선택하기 위해서는 먼저 송신지로부터 전송된 패킷을 수신하고 전송된 패킷의 일련 번호에 의하여 패킷 지연시간과 손실률을 측정한다. 패킷 손실률은 수신된 전체 패킷(tot_packet)에 부여한 패킷 일련번호 중 누락된 패킷(loss_packet)의 백분율(%)로 나타낸다. 측정된 손실률을 송신자에게 전송이 되고, 자신의 손실률에 따라 그룹을 선택하게 된다.

송신자는 해당 그룹마다 손실률의 구간을 정하게 되고 결정된 구간에 따라 전송률을 결정한다. 정상상태 그룹은 지수적 증감, 선형적 증감, 정지구간으로 분리하고, 혼잡상태 그룹은 혼잡, 혼잡탈피구간으로 분리하여 제어한다.

3.2 알고리즘

3.2.1 수신자의 그룹 선택 알고리즘

수신자는 최초 멀티캐스트 정상상태 그룹에 참가함으로부터 패킷을 계속적으로 수신한다. 송신자로부터 전송되는 패킷의 크기가 점차적으로 커짐에 따라 수신자의 대역폭을 초과하게 되며 이로 인해 손실률이 증가하게 된다. 계속적으로 손실이 증가하여 측정된 패킷 손실률이 혼잡구간(congestion)에 도달하게 되면, 수신자는 현재의 정상상태 그룹으로부터 다소 품질이 낮은 혼잡상태 그룹을 선택하여 패킷을 수신하면서 패킷 손실률을 줄인다. 또한 패킷 손실률이 점차적으로 낮아지게 되어 가용 대역폭의 여유가 생기면 다시 높은 품질의 정상상태 그룹으로 선택해 줄 필요가 있는데, 여기서는 혼잡탈피구간(congestion_esc)을 경계로 지정하였다.

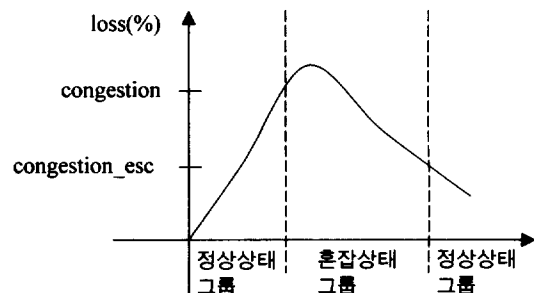



그림 5. 구간별 그룹 선택

그림 5는 수신자의 구간별 그룹 선택에 대하여 나타내었다. 처음 정상상태 그룹에서 손실률이 상승하여 혼잡구간(congestion)을 초과하면 수신자는 혼잡

상태 그룹을 선택하여 손실률을 점차 줄이고, 손실률이 혼잡탈피구간(congestion_esc)이하일 경우 다시 정상상태 그룹을 선택하는 것을 보여주고 있다. 그림 6은 수신자의 각 구간에 대한 그룹 선택 알고리즘을 나타내었다. 지금까지 수신된 모든 패킷을 tot_packet, 그 동안의 누적 패킷 손실을 loss_packet, 손실률을 loss_rate라 지정하였다.

```
Process Select_Group :
  loss_rate = (packet_loss / tot_packet) * 100
  if(packet_loss >= congestion ){
        select_group = Congestion_Group;
        congestion_flag = 1;
  }
  if(congestion_flag &&
       packet_loss <= congestion_esc){
        select_group = Non_Congestion_Group;
        congestion_flag = 0;
  }
End Process Select_Group
```

그림 6. 그룹 선택 알고리즘

3.2.2 송신자의 대역폭 관리 알고리즘

송신자는 수신자로부터 전송된 피드백을 분석하여 각 그룹별 전송 정책을 정한다. 송신자는 전송률을 결정하기 전에 각 그룹간 수신자 분포를 파악하여 전체적인 수신자의 대역폭을 확보한다. 그룹마다 경계구간의 차이를 두고 전송하는 방법을 이용하였다.

먼저 정상상태 그룹의 경우, 모든 수신자의 평균 손실률이 혼잡상태가 아니면 대역폭상승(bandwidth-inc)구간과 대역폭감소(bandwidth-dec)구간으로 나누었다. 즉, 모든 수신자가 대역폭상승 구간에 위치하면 전송률을 지수적(increase_rate)으로 증가시키고, 수신자의 평균 손실률이 대역폭감소구간이고, 혼잡구간의 수신자가 점차적으로 증가하게 되면 전송률을 선형적(α)으로 증감시켜 대역폭에 동적으로 대응하도록 하였다. 혼잡상태의 수신자가 모든 수신자의 과반수 이상을 초과하게 되면 현재의 전송률을 고정 전송하였다.

혼잡상태 그룹의 경우에는 혼잡구간에 있는 수신자들을 위하여 다시 전송률을 조정해줄 필요가 있다. 먼저 가장 손실률이 높은 수신자의 대역폭에 맞추어 전송률을 결정한다. 혼잡상태 그룹에서의 전송률 결정은 수신자에서 결정한 혼잡구간(congestion)과 혼잡탈피구간(congestion_esc)을 이용한다. 혼잡구간에서는 각 수신자가 최초로 혼잡을 경험한 수신자의 전송률(pre_trans_rate)로 계속적으로 전송을 하고, 손실률이 감소하면 선형적(α)으로 전송률을 높인다. 그러나 손실률이 계속적으로 증가하게 되면 전송률을 선형적으로 감소하여 전송한다. 이렇게 송신자의 그룹간의 전송률을 적절하게 조절함으로써 낮은 손실률을 가진 정상적인 상태의 수신자는 혼잡상태의 수신자와는 상관없이 대역폭을 확보하게 된다. 그림 7은 송신자의 대역폭 관리 알고리즘을 나타내었다.

```
Process Congestion_Group :
 if(bandwidth-inc && cnt == tot_member)
     new_trans_rate = min(new_trans_rate +
                          increase_rate, max_rate);
 if(bandwidth-dec && cnt <= tot_member/2)
      new_trans_rate = min(new_trans_rate ±
                          α, max_rate);
End Congestion_Group :

Process Non_Congestion_Group :
  if(def_rate >= congestion)
     new_trans_rate =
            max(pre_trans_rate, min_rate);
  if(def_rate < congestion &&
              def_rate > congestion_esc)
     new_trans_rate =
            max(pre_trans_rate ± α, min_rate);
End Non_Congestion_Group :
```

그림 7. 대역폭 관리 알고리즘

4. 실 험

본 논문의 화상회의 시스템은 윈도우즈98 운영체제를 사용하는 IBM-PC(586이상 펜티엄시스템) 3대, Sun-OS 5.6을 사용하는 SUN Ultra-5(CPU 270Mhz, 메모리 128M) 1대, Sun-OS 5.6을 사용하는 SUN Ultra-1(CPU 167Mhz, 메모리 128M) 1대, 그리고 10Mbps의 LAN으로 연결된 두 지점간 네트워크상에서 구현하였고, 프로토콜(protocol)은 멀티캐스트를 지원하는 UDP를 이용하여 전송한다. 언어는 Visual C++ 5.0을 이용하였다. 구현된 사용자 인터페이스에서는 캡처 윈도우1, 수신윈도우(참가자 수)로 구성하였다. 수신 윈도우는 멀티캐스트 그룹으

로부터 전송되는 데이터를 수신하게 된다. 구현 결과는 그림 8과 같다.

그림 8. 구현 화면

실험은 CUP부하를 고려하여 구현한 두 개의 멀티캐스트 그룹을 이용한 알고리즘과 송신자기반 기법을 이용하여 측정하였다. 10Mbps의 LAN을 이용하는 네트워크상에서 송신자기반은 SUN Ultra-5와 SUN Ultra-1에서 2자 회의로 구성하여 측정하였고, 본 구현 알고리즘에서는 IBM-PC와 SUN Ultra-5를 멀티캐스트 라우터로 설정한 3자 회의로 구성하여 각각 2000프레임동안 손실률과 전송률을 측정하였다. 각 프레임을 패킷 단위로 전송하고, 전송하는 패킷의 헤드부분에 일련번호를 부여하여 전송한다. 수신자는 수신된 패킷으로부터 손실률을 구하고 송신자에게 피드백 메시지를 전송한다. 피드백 메시지는 정상상태에 있을 경우 3~5초, 혼잡상태에서는 1~3초 간격으로 무작위(random)로 발생하도록 하였다. 혼잡상태의 손실구간을 10%이상, 혼잡 탈피구간을 5%미만으로 각각 설정하였으며, 최대 전송률을 100kb/s, 최소전송률을 10kb/s로 설정하였다. 구현 알고리즘에서는 정상상태 그룹은 비교적 우수한 품질의 데이터 전송을 위하여 70kb/s이상으로 설정하였고, 혼잡상태 그룹에는 손실률을 줄이기 위하여 70kb/s이하의 다소 낮은 품질의 서비스를 제공한다.

그림 9는 멀티캐스트 그룹확장에 따른 CPU사용률 측정에 대하여 보여주고 있다. CPU사용률 측정은 마이크로 소프트 시스템 모니터를 이용하여 멀티캐스트 그룹 1개, 그룹 2개, 그룹 3개를 생성하여 120초간 측정하였다. 그림에서 멀티캐스트 그룹 확장에 따라 CPU사용률이 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 본 논문에서는 멀티캐스트 그룹 확장에 있어 가장 최소의 CPU사용률을 위하여 2개의 그룹을 생성하였다.

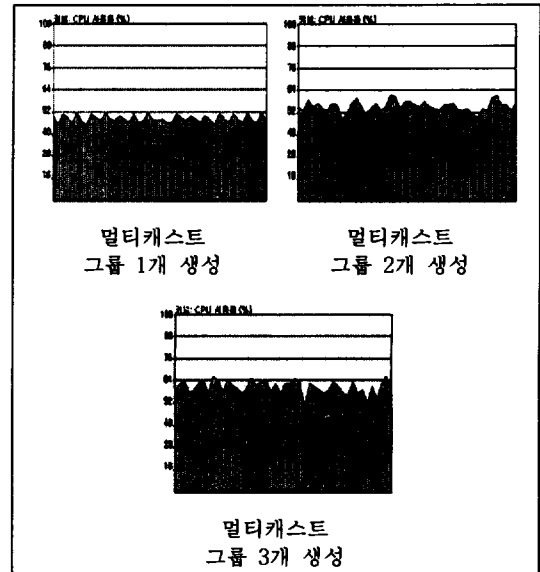



그림 9. 멀티캐스트 그룹 확장에 따른 CUP사용률 측정

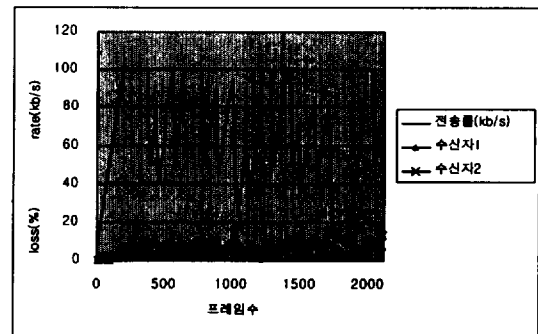



그림 10. 송신자기반에서의 측정 결과

그림 10은 송신자기반으로 실험한 결과를 나타내었다. 그림에서 수신자들의 손실률에 따라 전송률이 변화고 있으며, 수신자들은 같은 전송률의 프레임을 수신하는 것을 알 수 있다. 그림에서와 같이 송신자기반 기법에서는 수신자들의 손실률에 따라 동적으로 대역폭에 대응하여 수신자들의 손실률이 낮을 경우 전송률을 지속적인 상승으로 우수한 품질의 데이터를 제공할 수 있고, 혼잡상태에서는 전송률의 급격

한 감소로 수신자들의 손실률을 줄일 수 있다. 그러나 수신자의 손실률 따라 최대 전송률과 최소 전송률의 양극화 현상으로 인하여 손실률이 낮은 수신자에게도 낮은 품질의 서비스를 제공하고 있다. 약500프레임을 수신할 때 수신자1의 손실률이 혼잡구간을 초과하여 전송률이 낮아진 것을 볼 수 있다. 이때 수신자2는 손실률이 혼잡구간을 초과하지 않은 상태에 있지만 낮은 전송률로 수신하게 되어 가용 대역폭의 낭비가 발생하는 것을 알 수 있다.

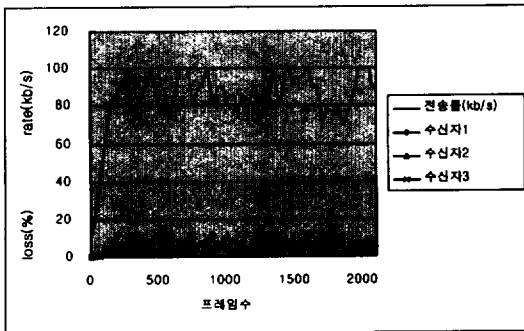



그림 11. 정상상태 그룹에서의 측정 결과

그림 11, 그림 12는 본 논문에서 구현된 알고리즘으로 그림 10에서 발생하는 수신자의 대역폭 낭비를 개선하기 위하여 실험한 정상상태 그룹과 혼잡상태 그룹에서의 결과를 나타내었다. 한 송신자에 대한 다른 시스템에서 수신되는 결과를 보여주고 있으며, 데이터를 수신하고 있는 시스템을 각각 수신자1, 수신자2, 수신자3으로 지정하였다. 그림 11에서는 회의에 참가하는 모든 수신자들이 프레임을 수신하는 정상상태 그룹에서의 수신자 상태를 보여주고 있다. 약 200번째 프레임을 수신할 때는 수신자3의 패킷 손실률이 혼잡구간을 넘었기 때문에 수신방향을 그림 12에서와 같이 혼잡상태 그룹으로 전환하여 다소 낮은 전송률의 프레임을 수신한다. 그러나 수신자1과 수신자2는 수신자3에 영향을 받지 않고 정상상태 그룹에서 계속 높은 전송률로 프레임을 수신하는 것을 알 수 있다. 이 시점에서의 수신자1과 수신자2는 가용 대역폭이 여유가 있는 것으로 볼 수 있다. 점차 많은 프레임을 수신하면서 수신자들의 가용 대역폭의 변화가 발생하여 모든 수신자는 그림 11, 그림 12와 같이 정상상태 그룹과 혼잡상태 그룹을 교차하면서 프레임을 수신한다.

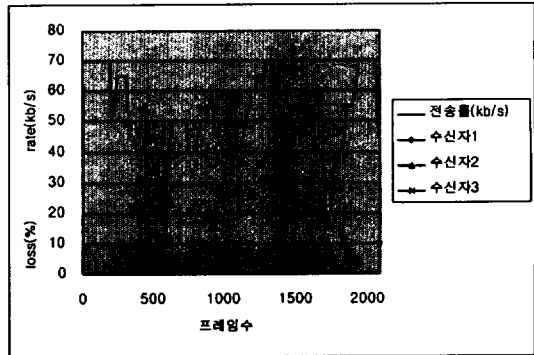



그림 12. 혼잡상태 그룹에서의 측정 결과

그림 12는 혼잡상태 그룹에서의 변화를 보여주고 있다. 정상상태 그룹에서 손실률이 혼잡구간을 초과한 수신자들의 손실률을 줄이고, 다시 정상상태 그룹에서 높은 전송률을 수신하기 하도록 하기 위하여 다소 낮은 전송률의 프레임을 수신한다. 최초 혼잡상태를 경험한 수신자3은 낮은 전송률의 프레임을 수신하면서 손실률을 혼잡탈피구간으로 줄이고 약 250 프레임을 수신하면서 정상상태 그룹에서 프레임을 수신하는 것을 그림 11에서 볼 수 있다.

실험 결과에 따르면 송신자기반(그림 10)에서는 모든 수신자가 손실률이 저부하(unloaded)상태일 때 100kb/s의 최고의 전송률을 보인 반면 한 수신자가 혼잡(congestion)상태일 때는 전송률이 급격히 감소하여 혼잡이 아닌 수신자의 전송률이 감소하는 현상을 나타내었다. 그러나 그림 11과 그림 12에서는 혼잡상태의 수신자를 혼잡상태그룹에서 관리를 해 줌으로 인하여 정상상태에 있는 수신자의 전송률이 급격히 낮아지는 것을 개선할 수 있었다.

5. 결 론

다자간 화상회의에서 혼잡이 발생하면 송신자로부터 수신자까지 패킷의 지연시간과 패킷의 손실률이 증가한다. 패킷의 손실률을 줄이고 혼잡상태에 잘 대응하기 위해서는 송신자는 수신자의 네트워크 상태를 실시간으로 파악을 해야 한다. 수신자는 네트워크 상태를 송신자에게 피드백을 전송하고, 송신자는 피드백을 분석하여 전송률을 결정하여 전송한다. 이러한 방법을 이용하는 송신자기반 기법은 혼잡상태에 대응하기 위하여 전송 데이터의 압축률을 조절하

여 전송률을 결정한다. 그러나 전송률을 혼잡상태 수신자의 대역폭으로 조절하면 혼잡상태가 아닌 수신자의 대역폭이 낭비되어 낮은 품질의 서비스를 받게 되는 문제점이 발생한다.

본 논문에서는 이런 문제점을 개선하기 위하여 수신자기반의 기법을 이용한 두 개의 멀티캐스트 그룹을 형성하고, 정상적인 상태와 혼잡상태의 수신자를 관리하게 하였다. 회의에 참가하는 모든 수신자는 정상상태 그룹으로부터 높은 품질의 서비스를 제공받는다. 대역폭 감소와 전송률이 증가함에 따라 패킷 손실률이 높아지는 수신자는 혼잡상태 그룹을 선택하여 손실률을 줄이게 된다.

실험에서와 같이 두 개의 그룹 관리를 통해 혼잡상태의 수신자와 정상적인 상태의 수신자를 분리하고 관리함으로써 송신자는 수신자의 대역폭에 맞는 서비스를 제공할 수 있었다. 낮은 손실률을 나타내는 수신자는 다소 높은 전송률로 수신을 할 수 있고, 높은 손실률을 나타내는 수신자에 영향을 받지 않음으로 인하여 대역폭 낭비현상을 보다 효과적으로 개선할 수 있었다. 그러나 혼잡상태그룹에서의 결과를 살펴보면 다소 급격한 전송률의 변화가 이루어 진 것을 볼 수 있어 송신자기반의 측정결과와 비슷한 결과를 확인할 수 있었다. 이는 혼잡상태의 수신자들의 손실률을 줄이고 다시 정상상태 그룹으로 바꾸어 주기 위한 부분에서 발생하는 것을 알 수 있다. 실험은 2자와 3자의 소규모 회의로 진행하여 수신자들의 대역폭 낭비를 다소 개선할 수 있었지만 모든 수신자의 대역폭 낭비를 완전히 해결하지 못하였다. 향후에는 이 부분을 해결해 주기 위하여 계속 연구할 것이다. 그리고 세션 규모와 수신자의 네트워크 상태를 고려하지 않는 전송 메커니즘에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] J-C. Bolot , T. Turletti, "A rate control for packet video in the Internet", Proc. IEEE INFOCOM '94, To ronto, pp. 1216-1223, June 1994.

[2] J-C. Bolot, T. Turletti, I. Wakeman, "Scalable feedback control for multicast video distribution in the Internet", Proc. ACM/SIGCOMM'94, Vol. 24, No 4, pp. 58-67. Oct. 1994.

[3] T. Turletti, "'The INRIA Videoconferencing System (IVS)", Conne Xions-The Interoperability Report Journal, Vol. 8, No 10, pp. 20-24, Oct. 1994.

[4] Ingo Busse, Bernd Deffer, Henning Schulizrinne, "Dynamic QoS Control of Multimedia Application based on RTP", http://www.fokus.gmd.de/step/acontrol/ac.html, 1994.

[5] Steven McCanne, Van Jacobson, and Martin Vetterli, "Receiver-driven Layered Multicast", ACM SIGCOMM, Stanford, CA, pp. 117-130, August 1996.

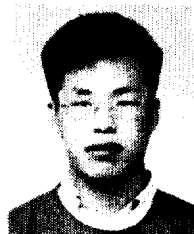
[6] S. Deering, "Host Extension for IP multicasting", RFC 1112, Stanford University, August 1989.

[7] 정상운, 정원창, 김상복, "확장적 우선 순위 피드백 제어 기법", 멀티미디어학회 논문지 제2권, 제3호, pp. 339-346, 1999.

구 명 모

진주산업대학교 전자계산학과 학사
현재 경상대학교 컴퓨터과학과 재학
관심분야 : 멀티미디어 통신, 컴퓨터 네트웍, 정보보안

정 상 운

경상대학교 컴퓨터과학과 학사
경상대학교 컴퓨터과학과 석사
현재 Inter Soft(Web 팀장)
관심분야 : 멀티미디어 통신 프로토콜, 네트웍 보안, ATM

김 상 복

중앙대학교 전자공학과 석사
중앙대학교 전자공학과 박사
현재 경상대학교 컴퓨터과학과 교수
관심분야 : 멀티미디어 통신, 컴퓨터 네트웍, VHDL, 컴퓨터구조